

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-008427

(43)Date of publication of application : 18.01.1994

(51)Int.Cl.

B41J 2/045  
B41J 2/055

(21)Application number : 04-356311

(71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

(22)Date of filing : 21.12.1992

(72)Inventor : USUI MINORU  
YOSHIDA MASAHIKO  
ABE TOMOAKI  
YONEKUBO SHUJI  
HOSONO SATOSHI

(30)Priority

Priority number : 03345342  
04108044Priority date : 26.12.1991  
27.04.1992

Priority country : JP

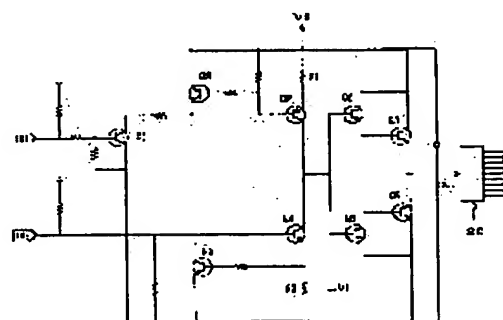
JP

(54) DRIVING CIRCUIT FOR INK JET RECORD HEAD

(57)Abstract:

PURPOSE: To stabilize the position of meniscus so as to improve printing quality.

CONSTITUTION: A power source is connected to a common condenser C1 through a first switching transistor Q2 and a charge time constant adjusting resistance R1. The condenser C1 is also connected to earth through a second switching transistor Q4 and a discharge time constant adjusting resistance R3. Further, a terminal of the condenser C1 is connected to a switching circuit 28 for scanning a pressure generating member through a current buffer. To the first switching transistor Q2, a first pulse for contracting a piezoelectric vibrator is applied and a second pulse for extending the



piezoelectric vibrator is applied to the second switching transistor Q4 so as to contract the pressure generating member at a set speed by the condenser C1 and the resistance R1 and attract ink to a pressure chamber. Then, the pressure generating member is extended at the set speed by the condenser C1 and the resistance R3 so as to generate ink drops.

---

#### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 01.06.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3262141

[Date of registration] 21.12.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] A power source is connected to a common capacitor through the 1st switching element and the resistance for charge time constant adjustment. Moreover, said capacitor is connected to a ground through the 2nd switching element and the resistance for discharge time constant adjustment. the terminal voltage of said capacitor is outputted through a current buffer -- both The drive circuit of an ink jet recording head where the 2nd pulse to which the 1st pulse which shrinks a piezoelectric transducer makes the 2nd switching element elongate said piezoelectric transducer again is impressed to the 1st switching element.

[Claim 2] The 1st pulse is a drive circuit of the ink jet recording head of claim 1 where the time amount which specifies the electrical-potential-difference value impressed to said piezoelectric transducer is set up.

[Claim 3] The 1st pulse is the drive circuit of the ink jet recording head of claim 1 made to output to the 1st switching element through a temperature compensation means to change pulse width by the outside temperature.

[Claim 4] Said resistance for charge time constant adjustment is claim 1 thru/or the ink jet recording head drive circuit of 3 chosen as the resistance which expands a pressure room so that the meniscus of a nozzle orifice may not be retreated.

[Claim 5] Said resistance for discharge time constant adjustment is the drive circuit of claim 1 as which the resistance from which a discharge time constant becomes the same substantially to the period of the free vibration of a piezoelectric transducer is chosen thru/or the ink jet recording head of 4.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention carries out the variation rate of the diaphragm which forms the pressure room with a rod-like piezoelectric transducer, and relates to the drive circuit of the ink jet recording head which makes a pressure room compress with this variation rate, and makes an ink droplet inject from a nozzle orifice.

[0002]

[Description of the Prior Art] What fixed the disc-like piezo-electric diaphragm to the elastic plate which forms a pressure room as the ink jet recording head used for a recording apparatus is shown in JP,2-24218,B is known widely. since the ink jet recording head of this format has the small variation rate of a piezoelectric transducer -- the effective area of a pressure room -- large -- not taking -- a pressure room is arranged in the part distant from the nozzle orifice which cannot obtain, therefore can secure a comparatively big area, and the structure of connecting between nozzle orifices in passage is adopted. Consequently, it not only causes enlargement of the whole recording head, but in order to make fluid resistance of each ink passage into homogeneity, there is a problem that complicated tuning is needed.

[0003] While forming a piezoelectric transducer in the shape of a rod as shown in the U.S. Pat. No. 4,697,193 specification in order to solve such a problem, this is made to contact the diaphragm which constitutes the pressure room, and the ink jet recording head which extends and shrinks a pressure room by longitudinal oscillation, and generates an ink droplet is proposed.

[0004] The ink jet recording head using such a longitudinal oscillation impresses driver voltage to a piezoelectric transducer just before dot formation, and shrinks a piezoelectric transducer, by making the charge of a piezoelectric transducer discharge subsequently and expanding a piezoelectric transducer, a pressure room is shrunk and the drive method by the so-called length stroke type of generating an ink droplet is adopted.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Use of the elastic energy beforehand accumulated in the piezoelectric transducer or the diaphragm is not only attained, but [ if such a drive method depended for lengthening and striking is used, ] If the clock frequency of a piezoelectric transducer is raised in order to raise printing speed while there is an advantage that positive drawing in of the ink to a pressure room can be aimed at There is un-arranging [ that dispersion arises in the location of the meniscus near / at the time of formation of an ink droplet / the nozzle, change the size of an ink droplet and the flight rate of an ink droplet, and printing quality deteriorates ].

[0006] although the drive approach of holding fixed time amount and a piezoelectric transducer in the contraction condition, making the charge of a piezoelectric transducer discharging after that, and expanding a piezoelectric transducer is also proposed until a meniscus returns to the original location and it stands it still, after making a piezoelectric transducer reduce in order to avoid such a problem, it will obtain, if the latency time until a meniscus returns is needed and a limit is received in a print speed, and there is a problem.

[0007] Moreover, apart from power circuits, such as a pulse motor which drives a print station, the power circuit of the dedication for driving a head was needed, and the ink jet recording head had the problem that the structure of an airline printer was complicated, although incorporating a temperature-compensation circuit and adjusting driver voltage with the signal from a thermo sensor was performed since the printing property over temperature tended to have changed compared with other recording methods, such as wire dot matrix printing and a hot printing method, for this reason.

[0008] Furthermore, since the cross section of the piezoelectric transducer in

longitudinal oscillation mode is small, while it can raise an array consistency easily, since a piezoelectric transducer approaches, it has the problem of interference mutually occurring and reducing printing quality. It is offering the new drive circuit which can set the magnitude of the signal for driving a piezoelectric transducer as arbitration, and can moreover set up the contraction rate and expanding rate of a piezoelectric transducer independently, respectively, without making this invention in view of such a situation, being made for the purpose of solving these problems to \*\*\*\*\*, and being dependent on the supply voltage at the time of ink droplet generating.

[0009]

[Means for Solving the Problem] In order to solve such a problem, it sets to this invention. A power source is connected to a common capacitor through the 1st switching element and the resistance for charge time constant adjustment. Moreover, while connecting said capacitor to a ground through the 2nd switching element and the resistance for discharge time constant adjustment and outputting the terminal voltage of said capacitor through a current buffer It constituted so that the 2nd pulse to which the 1st pulse which shrinks a piezoelectric transducer makes the 2nd switching element elongate said piezoelectric transducer again might be impressed to the 1st switching element.

[0010]

[Function] An external environment adjusts the pulse width of the 1st pulse, and the resistance for charge time constant adjustment is set as the time constant which does not cause migration to a meniscus, the location of a meniscus is stabilized, and a ball-like ink droplet is generated, and the resistance for discharge time constant adjustment is set up according to the free vibration period of a pressure generating member, and the amplitude of the piezoelectric transducer after ink droplet generating or the residual vibration of a pressure room and duration are shortened as much as possible.

[0011]

[Example] Then, based on the example illustrating the detail of this invention, it explains below. Drawing 2 shows one example of the ink jet recording head driven by the head drive circuit of this invention, and the sign 1 in drawing is a pressure room, and is [ it is formed of the diaphragm 3 with which the film 2 was formed in the front face this and the nozzle formation substrate 4 formed with the fixed gap, and the nozzle plate 5 stuck on this, and ] open for free passage through the ink feed hopper 7 in the common ink room which is not illustrated. It is contacted at the rear-face side of a diaphragm 3 so that the tip of the pressure generating member 8 where the other end was fixed to the pedestal 10 through the substrate 9 may counter a nozzle orifice 6. The ink which flowed in pressure room 1 from the ink feed hopper 7 according to such a configuration is pressurized by the pressure generating member 8 through a diaphragm 3, and carries out the regurgitation from a nozzle orifice 6 as ink droplet P.

[0012] Drawing 3 shows one example of the above-mentioned pressure generating member 8, and carries out the laminating of the piezoelectric transducer layer 11, the negative-electrode internal electrode 12, and the positive-electrode internal electrode 13 by turns. Carry out parallel connection of the negative-electrode internal electrode 12 comrades with the negative-electrode external electrode 14, and carry out parallel connection of the positive-electrode internal electrode 13 comrades to the positive-electrode

external electrode 15, and it is constituted. These according to an array pitch, plurality both in the field of nozzle orifices 6 and 6 and 6 .... which is fixed to a substrate 9 and which is joined to a substrate 9 While the field in which the positive-electrode internal electrode 13 is not formed is prepared and an inert segment 16 is constituted from an electrode of one [ at least ] pole, and this example It is made to jut out of a substrate 9 predetermined die length and in the shape of a cantilever by making into the activity section 17 the field where both negative-electrode internal electrode 12 and positive-electrode internal electrode 13 exist, and is constituted as a unit which can oscillate freely.

[0013] It becomes possible to make shaft orientations expand and contract only the activity section 17, as the arrow head A showed, without electric field's arising in each piezoelectric transducer layer 11, being supported by the substrate 9, and making an inert segment 16 transform, when the electrical potential difference of about 30 volts is impressed to the negative-electrode external electrode 14 and the positive-electrode external electrode 15 by taking such structure.

[0014] In addition, although the pressure generating members 8 and 8 and 8 .... are fixed independently to a substrate 9 in this example, respectively As shown in drawing 4 , the negative-electrode internal electrode 21, the positive-electrode internal electrode 22, and one substrate 24 on which the piezo-electric layer 23 was put in the shape of sandwiches While putting slits 26 and 26 and 26 .... only into the part used as an active region 25 and kicking by OFF to the piezoelectric transducer objects 27 and 27 and 27 .. Even if it constitutes in a tandem type so that it may be connected through the inactive field 29, it not only does the same operation so, but it can exclude the substrate 9 ( drawing 3 ) for the above-mentioned immobilization.

[0015] Drawing 1 shows one example of the drive circuit of this invention, and the sign IN1 in drawing is a printing timing signal input terminal, IN2 is a printing signal input terminal, and as shown in drawing 6 , according to printing timing, a pulse-like signal is impressed, respectively. A sign Q1 is the transistor for level adjustments by which the base electrode was connected to the input terminal IN1, and the base electrode of the 1st switching transistor Q2 is connected to the collector electrode of this. The emitter electrode is connected to a power source through Terminal VH through the resistance R1 for time constant adjustment, and, as for the 1st switching transistor Q2, the collector electrode is grounded through the capacitor C1 for time constant adjustment. Q3 is a constant current transistor, an emitter electrode is connected to a power supply terminal VH, and a collector electrode is connected to the collector electrode of the transistor Q1 for level adjustments, and the base electrode is further connected to the power supply terminal VH through the resistance R1 for time constant adjustment.

[0016] On the other hand, the base electrode of the 2nd switching transistor Q4 is connected to an input terminal IN2, and the emitter electrode is further grounded for the collector electrode through the 2nd resistance R3 for time constant adjustment by the capacitor C1 for time constant adjustment. A sign Q5 is a transistor for constant current, an emitter electrode is grounded for a collector electrode by the input terminal IN2 again, and the base electrode is further grounded through the 2nd resistance R3 for time constant adjustment.

[0017] Q6, Q7, Q8, and Q9 are the transistors which constitute the current buffer which

amplifies the current at the time of charge of a capacitor C1, and discharge, respectively, in this example, they carried out Darlington connection of transistors Q6 and Q7, and Q8 and Q9, were constituted, and are equipped with the current capacity of all the pressure generating members 8 and 8 of the ink jet recording head which should be driven, and 8 .... in which a coincidence drive is possible.

[0018] 28 is a switching circuit, it connects with each pressure generating members 8 and 8 and 8 .... which constitute the output terminal OUT and ink jet recording head of a current buffer, and it is constituted so that the current from the transistors Q6, Q7, Q8, and Q9 which are turned on and off with a printing signal, and constitute a current buffer can be alternatively supplied to the pressure generating members 8 and 8 and 8 .. which should generate an ink droplet. Since this switching circuit 28 can be constituted without only a switching element needing a configuration, i.e., a current adjustment means, it becomes a light weight and small, therefore becomes possible [ carrying in the carriage of a recording head ] by separating from a driver voltage generating circuit and connecting through a flexible cable.

[0019] Moreover, if lead wire is connected to a terminal 30 and 30 .., mold is carried out to one and unitization is carried out to it while fixing the resistance R1 and R2 for time constant adjustment to a terminal 30 and the substrate 31 equipped with 30 .., as shown in drawing 5 By preparing two or more kinds of units from which resistance differs, only by substituting a required unit, the optimal time constant for the ink regurgitation property of an ink jet recording head can be set up, and the simplification of an activity can be achieved.

[0020] It explains based on the wave form chart having shown actuation of the next above-mentioned drive circuit in drawing 6 . An input of the printing timing signal (I) for forming one dot from a host generates the printing reserve signal (III) of pulse width Tc synchronizing with this. This pulse width Tc is corresponded and set to the charging time. And if this signal inputs into an input terminal IN1, since the transistor Q1 for level adjustments serves as ON, the 1st switching transistor Q2 will also serve as ON. Thereby, the supply voltage of an electrical potential difference VH is impressed to a capacitor C1 through the resistance R1 for time constant adjustment, and a capacitor C1 is charged as it is also at the time constant decided by resistance R1 and the capacitor C1.

[0021] By the way, the current with which the resistance R1 for time constant adjustment flows into a capacitor C1 since the transistor Q3 for constant current is connected to the both ends and the terminal voltage is maintained by the value almost equal to the base-electrode-emitter inter-electrode potential of a transistor Q3 is not changed in time, but serves as constant value. Consequently, the standup inclination  $\tau$  1 of the terminal voltage (V) of a capacitor C1 is  $\tau_1 = V_{BE1} / (R_1 \times C_1)$ , when the resistance R1 of resistance R1, the capacity C1 of a capacitor C1, and the base-electrode-emitter inter-electrode electrical potential difference of the transistor Q3 for constant current are set to  $V_{BE1}$ .

It becomes.

[0022] Thus, progress of the time amount equivalent to pulse width TC of a printing reserve signal raises the terminal voltage of a capacitor C1 to an electrical potential difference V0. And since a printing reserve signal changes to L level at this time, the transistor Q1 for level shifts becomes off, and the 1st switching transistor Q2 becomes off.

Consequently, a capacitor C1 will maintain electrical potential difference  $\tau \times T_c = V_0$ .

[0023] Time [ the time of predetermined time  $T_e$  passing ], i.e., when time allowances to be extent which a switching transistor Q2 and a switching transistor Q4 do not short-circuit pass, after a printing reserve signal serves as OFF, a printing signal (IV) inputs into a terminal IN2. This printing signal has the pulse width  $T_d$  which can make the charge of a capacitor C1 able to discharge even to about 0 potentials, and sets the 2nd switching transistor Q4 to ON. Consequently, the charge accumulated in the capacitor C1 is discharged through the resistance R3 for time constant adjustment. Since the transistor Q5 for constant current becomes coincidence with ON, the terminal voltage of the 2nd resistance R3 for time constant adjustment turns into the base-electrode-emitter inter-electrode electrical potential difference  $V_{BE2}$  of a transistor Q5 according to an operation of the 1st transistor Q3 for constant current mentioned above, and the same operation. Thereby, the terminal voltage (V) of a capacitor C1 falls linearly with fixed inclination.

[0024] That is, the inclination  $\tau_2$  of falling is  $\tau_2 = -V_{BE2}/(R_2 \times C_1)$ , when the value  $R_2$  of the 2nd resistance R3 for time constant adjustment, the capacity  $C_1$  of a capacitor C1, and the base-electrode-emitter inter-electrode electrical potential difference of the transistor Q5 for constant current are set to  $V_{BE2}$ .

It becomes.

[0025] If time amount  $T_d$  passes and a printing signal becomes off, the 2nd switching transistor Q4 will become off, and change of the terminal voltage of a capacitor C1 will stop. In addition, since the pulse width  $T_d$  of a printing signal is set up greatly enough as compared with the discharge time constant decided by the capacitor C1 and resistance  $R_2$ , it is not that a charge remains to a capacitor C1.

[0026] Thus, the electrical potential difference which changes with the resistance  $R_1$  and  $R_3$  for time constant adjustment and capacitors C1 at the predetermined rate of rise and a predetermined falling rate is amplified by the transistors Q6 and Q7 which constitute a current buffer, and Q8 and Q9, and is impressed to each piezoelectric transducers 8 and 8 and 8 .... ( drawing 2 ) which constitute the ink jet recording head through a switching circuit 28. The same voltage waveform can be alternatively impressed to two or more pressure generating members 8 and 8 and 8 .... by this doubling the voltage signal from a common driver voltage generating circuit with a printing signal, and turning on and off the switching element of a switching circuit 28. In addition, although pulse width  $T_c$  of these printing reserve signal and the pulse width  $T_d$  of a printing signal are influenced by the structure of the target ink jet recording head, and the viscosity of ink, profile central value makes them 120 microseconds and about 6 microseconds, respectively, and they are adjusted in 10% of range if needed.

[0027] by the way, each piezoelectric transducer which constitutes the same head -- the same lot -- since -- since it is manufactured, although the ink regurgitation property between nozzles gathers, between recording heads, the case where a difference arises in an ink regurgitation property according to the error of a pressure room etc. is alike occasionally, and has been carried out. It is carried out by adjusting the wave of the electrical potential difference which usually drives an ink jet recording head to amendment of the ink regurgitation property between such heads. According to the drive circuit



mentioned above, it starts by the resistance R1 for time constant adjustment, and falls by the resistance R3 for time constant adjustment in a property, i.e., the expansion rate of the pressure room 1, again, and a property, i.e., the contraction rate of the pressure room 1, can be made to be able to become independent, respectively, and it can be adjusted easily. Moreover, since it is dependent on the charging time, the last attainment electrical potential difference of a capacitor C1 can be adjusted by changing pulse width Tc of a printing reserve signal.

[0028] Even if the power from the DC power supply for a pulse motor drive with voltage variation big for example comparatively is used for this, without needing the power circuit maintained by the fixed electrical potential difference like the conventional drive circuit. Since it becomes possible to make it regularity by controlling pulse width Tc of a printing reserve signal automatically according to supply voltage, the power source for an ink jet recording head drive, Communalization becomes possible about power sources for a drive, such as a pulse motor, and miniaturization of an airline printer and reduction of cost can be planned.

[0029] Furthermore, since the electrical potential difference of a predetermined wave generated in the drive circuit is alternatively supplied to each pressure vibrator which constitutes the ink jet recording head through a switching circuit 28 A drive means can be constituted only from a switching means and the simplification and lightweight-izing of structure can be attained. Consequently, to a rest frame, when a drive means is carried in carriage again, a drive circuit can make the lead pattern of most which should be formed in the flexible cable which connects these the thing which has the small current capacity of extent and which can transmit a scan signal, and can attain the miniaturization of an interconnection cable.

[0030] By the way, since the pressure room 1 is expanded when the pressure generating members 8 and 8 and 8 .... contract by impression of a printing reserve signal, ink supply in the pressure room 1 from the ink feed hopper 7 is performed. And expansion of this pressure room 1 also serves as applied force which retreats the meniscus currently formed near the nozzle orifice 6.

[0031] moreover, after ink supply in the pressure room 1 is completed, the pressure generating members 8 and 8 and 8 .... are expanded, and the pressure room 1 is reduced -- making -- nozzle orifices 6, 6, and 6, although an ink droplet is made injected from .. Since a very big correlation is between the locations of a meniscus and the configurations of an ink droplet at the time of contraction of a pressure room, when it is what time, whether a pressure room is made to reduce will influence printing quality.

[0032] That is, if the pressure room 1 is shrunk in the condition that Meniscus M is located near the nozzle orifice 6 like the time of a halt as shown in the drawing 7 (\*\*), ink droplet P which jumps out will become ball-like (this drawing RO). On the other hand, if the pressure room 1 is shrunk after Meniscus M has retreated rather than the nozzle orifice 6 (this drawing Ha), ink droplet P will be prolonged in the flight direction, and will become pillar-shaped (this drawing Ha). Thus, if the generated ink droplet reaches a record medium, in the case of a ball-like ink droplet, an almost circular dot will be formed, but it becomes the form which shifted since it becomes [ in the case of-like / column ] circular and was circular, and a quality of printed character is made to deteriorate.

[0033] It is necessary to draw ink in the pressure room 1 at a rate smaller [ than the surface tension of the ink near the nozzle orifice ] the pressure loss in an ink feed hopper and maintainable since a cause is for the pressure loss of the ink feed hopper 7 ( drawing 1 ) to become large rather than surface tension with the ink of a nozzle orifice 6 and this near, as for Meniscus M moving to a retreat [ from a nozzle orifice 6 ] 8, i.e., pressure generating member, side at the time of expansion of the pressure room 1.

[0034] And although influenced by the size of a nozzle orifice 6, the viscosity of ink, etc., if surface tension [ / near the nozzle orifice ] explains a typical example and an ink room will be expanded at a late rate from the direct proportion straight line L of the contraction time amount of the size of a profile nozzle orifice, and a piezoelectric transducer, i.e., the build up time of a printing reserve signal, as shown in drawing 8 , it can generate a ball-like ink droplet. If build up time is enlarged superfluously, since a print speed will fall from the first, an upper limit becomes settled naturally.

[0035] Since build up time can be set as arbitration by the resistance R1 for time constant adjustment in the head drive circuit of this invention as mentioned above, it can be used for the ink jet recording head of various specifications by choosing the resistance R1 of the resistance R1 for time constant adjustment corresponding to the property of an ink jet recording head, i.e., the viscosity of a nozzle orifice or ink. It is the comparatively long residence time which was mostly in agreement with the resonance frequency of this on the other hand since the rigidity of the pressure generating member 8 was large when supply of ink in the pressure room 1 is completed, and the pressure generating member 8 is made to reduce in order to form an ink droplet and to shrink the pressure room 1, and the piezoelectric transducer in longitudinal-oscillation mode is being used for the pressure generating member 8, and residual vibration with the big amplitude is produced.

[0036] That is, as shown in drawing 9 (I), the electrical potential difference V0 is impressed to the pressure generating member 8, and if a charging time value Td is changed and this is made to discharge, corresponding to the charging time value Td, the gestalt of the residual vibration of the pressure generating member 8 will change. That is, the free vibration of the proper oscillation period Tf generates as a core the tip location D0 in the condition that the electrical potential difference is not impressed, and as this amplitude value and its duration showed among drawing (A) and (B), depending on a charging time value, it differs greatly. On the other hand, although the ink in the pressure room 1 vibrates too synchronizing with vibration of the pressure room itself, the free vibration period of the pressure room 1 is long as compared with it of the pressure generating member 8, as Sign E showed to drawing 9 (III). For this reason, the meniscus near the nozzle orifice serves as movement as vibration of the pressure generating member 8 superimposed on the vibration E original with ink and shown with this drawing sign F. That is, though the amplitude of the residual vibration of pressure generating member 8 the very thing is small, if it is added to vibration of ink itself, the amplitude of a meniscus cannot be disregarded on the time amount level of free vibration period extent of the pressure generating member 8. Since vibration of a meniscus with high-speed free vibration period extent of such a pressure generating member 8 generates a Myst-like ink droplet, it causes the wettability change near the nozzle orifice. and the wettability near the nozzle orifice -- the flight rate of an ink droplet -- since configuration right and left are

carried out, fluctuation of printing quality will be caused as a result.

[0037] Having the minimum value at the time of the charging time value  $Dt$  which is in agreement with the period of the free vibration of a piezoelectric transducer as the relation between the amplitude of the residual vibration of this pressure generating member 8 and a charging time value  $Td$  was shown in drawing 10 is known experientially.

[0038] And if the amplitude of residual vibration becomes small, since it not only stabilizes in time amount with the so short meniscus after ink droplet generating, but the wettability mentioned above is uniformly maintainable, height and printing quality are [ repeat drive frequency ] uniformly maintainable.

[0039] Since a charging time value becomes large by the side smaller than a natural period  $dt$ , maximum amplitude and maximum velocity are good to expect insurance and to set a charging time value as a long eye rather than a proper oscillation period, so that clearly also from drawing 10 . That is, when the free vibration period  $dt$  of the pressure generating member 8 in this example is 6.5 microseconds, a charging time value will set it up between  $dt \times 1 = 6.5 - 0.2 = 6.3$  microsecond and  $dt + x2 = 6.5 + 0.4 = 6.9$  microsecond.

[0040] Furthermore, since two or more pressure generating members 81, 82, 83, and 84 set very narrow spacing to an ink jet recording head and are arranged at it, the wave of expansion generated in the active region of one pressure generating member 82 spreads an inactive field, and other pressure generating members 81 and 83 which spread a substrate 9 further and adjoin as shown in drawing 11 resonate. This phenomenon appears so notably that recording density is raised. By making the charging time value of driver voltage in agreement with a natural period  $dt$  in the ink jet recording head of this invention, as mentioned above, the free vibration of the pressure generating member 8 It becomes small as (B) also shows amplitude fluctuation of the wave of expansion which spreads a substrate 9, since the amplitude fluctuation becomes min as (A) showed among drawing. therefore, among drawing, the resonance amplitude of the adjoining pressure generating members 81 and 83 is also stopped, as shown in (C) and (D) .. \*\*\*\*\* .. resonance .. malfunction which carries out the regurgitation of the unnecessary ink droplet with a variation rate can be prevented. Moreover, since there is no mutual resonance of wave of expansion even if it drives two or more pressure generating members 8 to coincidence, it is not based on the drive number of the pressure generating member 8, but the amount of displacement and a rate are stabilized. By this, the high-definition quality of printed character in which any printing patterns do not have dispersion can be obtained.

[0041] Drawing 13 is what shows the 2nd example of this invention which enabled it to correspond to an external environment, especially a temperature change, using an above-mentioned voltage adjustment function positively. The sign 40 in drawing It connects in the temperature compensation circuit which consists of a pulse width modification circuit between the printing first call input terminal IN1 and the transistor Q1 for level adjustments. The temperature signal from the thermometric elements 41, such as a thermistor which detects the temperature of a recording head, inputs, and it is constituted so that pulse width  $Tc$  of a printing first call may be changed corresponding to a temperature signal. That is, since the viscosity serves as a function of temperature, the ink currently used for the ink jet recording head adjusts the level of driver voltage so that the fall of the flight rate by viscosity change of ink may be compensated, and it is

constituted so that maximum amplitude may be changed. By transposing the resistance for oscillation parameter input of a mono-multivibrator to temperature-sensitive resistance of the thermistor which constitutes the above-mentioned thermometric element 41, it is realizable as an analog circuit, and such a pulse width modification circuit can carry out analog-to-digital conversion of the temperature signal, can make it a digital signal, and can be easily realized also as a digital circuit by controlling the output number of a unit pulse by this signal.

[0042] Next, it explains based on the wave form chart having shown actuation of the circuit constituted in this way in drawing 14. If a printing first call (II) inputs into a terminal IN1 when the temperature of an ink jet recording head is maintained at the design-basis value  $t_1$ , the temperature compensating circuit 40 will be outputted to the 1st switching transistor Q1, without changing pulse width  $T_c$  of a printing first call. Thereby, it starts, and it is time amount and a capacitor C1 is charged to the driver voltage V1 corresponding to temperature  $t_1$  decided by the resistance and capacitor C1 of the resistance R1 for time constant adjustment. Since it is alternatively impressed by the pressure generating member 8 of a recording head through a switching circuit 28, the electrical potential difference of this charge process is extended to the volume which develops with the rate of rise it is decided by the resistance R1 for time constant adjustment, and the capacitor C1 that the pressure room 1 will be, and is decided by the last charge electrical potential difference V1.

[0043] Subsequently, if a printing signal (IV) inputs, the 2nd switching transistor Q4 will serve as ON, a capacitor C1 will discharge that it is also at the falling rate decided by the resistance R3 for time constant adjustment, and a pressure room will be shrunk. An ink droplet will occur from a nozzle orifice by this. From the first, since the rate at the time of expanding of the pressure generating member 8 is set as the free vibration period of the pressure member 8 by a capacitor C1 and the resistance R3 for time constant adjustment, as mentioned above, the residual vibration of the pressure room 1 serves as a small value as much as possible.

[0044] When it becomes the situation of the temperature of an ink jet recording head falling to temperature  $t_2$  from the design-basis temperature  $t_1$  from this condition, and reducing an ink droplet flight rate like ink viscosity increasing, it is made to elongate from pulse width TC1 of the printing first call inputted into the input terminal IN1 based on the temperature signal from the temperature detector 41 to TC2, and the temperature-compensation circuit 40 is outputted to a switching transistor Q2. A capacitor C1 will be charged by even the electrical potential difference V2 higher than reference voltage V1 by this. Since the rate of the electrical-potential-difference change in a charge process is kept needless to say to the predetermined value decided by the capacitor C1 and the resistance R1 for time constant adjustment, the meniscus of a nozzle orifice 6 does not move from the original location.

[0045] If predetermined time passes, a printing signal outputs, a switching transistor Q4 serves as ON and a capacitor C1 discharges, an electrical potential difference V2 will fall that it is also at the predetermined falling time amount decided by the resistance R3 for time constant adjustment, and the capacitor C1, and a pressure room will contract at this falling rate. Since it was expanded to oversized rather than the case where the pressure

room 1 is design-basis temperature in now, a big pressure will occur in a pressure room, the fluid resistance accompanying a viscosity rise will be resisted, and an ink droplet will fly the rate as a design basis.

[0046] Moreover, when the temperature of an ink jet recording head rises to temperature  $t_3$ , the temperature-compensation circuit 40 outputs pulse width  $T_{c3}$  corresponding to this temperature, and makes a pressure generating member reduce on an electrical potential difference  $V_3$ . Consequently, the pressure corresponding to a fallen part of the ink viscosity by the temperature rise is applied to ink, and an ink droplet is made too generated at the flight rate as a design basis. Thus, since the volume of the pressure room 1 and reduction percentage change according to temperature, a fixed ink droplet [ be / in temperature / no \*\*\*\* ] can be generated.

[0047] In addition, although he is trying to change into the pulse width corresponding to temperature the printing reserve signal beforehand equipped with optimal pulse width  $T_{c1}$  with reference temperature in this example with the signal from a temperature detection means The relation between the temperature of an ink jet recording head, and the pulse width of a printing reserve signal Even if it makes it output the printing reserve signal which investigates beforehand about each temperature, stores this data in the store circuit, calls pulse width from a store circuit with the signal from a temperature detection means, and has this pulse width according to a printing timing signal, it is clear to do the same operation so.

[0048]

[Effect of the Invention] As explained above, it sets to this invention. To a common capacitor The 1st switching element, And connect a power source through the resistance for charge time constant adjustment, and a capacitor is connected to a ground through the 2nd switching element and the resistance for discharge time constant adjustment. The 1st pulse for which the terminal voltage of a capacitor is outputted through a current buffer and which makes the 1st switching element contract a piezoelectric transducer both Moreover, since the 2nd pulse which expands a piezoelectric transducer was made to be impressed to the 2nd switching element The contraction rate of the pressure generating member at the time of pressure room expansion, and the contraction rate of the pressure generating member at the time of ink droplet generating, respectively Corresponding to fluctuation of an external environment or supply voltage, the conditions of ink droplet generation are uniformly maintainable by being able to set it independently as the rate which does not cause migration to a meniscus, and the expanding rate which residual vibration does not produce, and changing the 1st pulse width.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the block diagram of a drive circuit showing one example of this invention.

[Drawing 2] It is the sectional view showing the ink jet recording head using the longitudinal-oscillation mode in which this invention is applied.

[Drawing 3] It is the perspective view expanding and showing the piezoelectric transducer unit which constitutes the above-mentioned recording head.

[Drawing 4] It is the perspective view showing other examples of a vibrator unit.

[Drawing 5] It is drawing showing one example of the resistance for time constant adjustment.

[Drawing 6] It is the wave form chart showing actuation of a circuit same as the above.

[Drawing 7] This drawing (b) thru/or this drawing (b) are the explanatory views showing the relation of the location of a meniscus and the configuration of an ink droplet at the time of pressure room contraction, respectively.

[Drawing 8] It is the diagram showing the relation between the size of a nozzle orifice and the rate of rise at the time of expanding of a piezoelectric transducer, and the configuration of the ink droplet to generate.

[Drawing 9] It is the diagram showing the relation of the variation rate of drawing (I) thru/or (III) electrical-potential-difference change which expands a piezoelectric transducer, respectively, the residual vibration of a pressure generating member, and the meniscus near the nozzle orifice.

[Drawing 10] It is the diagram showing the relation between the electrical potential difference which expands a piezoelectric transducer, and the free vibration maximum amplitude of the pressure room configuration member after ink droplet generating.

[Drawing 11] Vibration of one pressure generating member is the explanatory view showing signs that it spreads to other pressure generating members.

[Drawing 12] It is the diagram showing the relation between vibration of a pressure generating member by which the printing drive was carried out, and the vibration to other pressure generating members [ member / this ] to spread.

[Drawing 13] It is the block diagram of the equipment in which other examples of this invention are shown.

[Drawing 14] Drawing (I) thru/or (VI) are the wave form charts showing actuation of equipment same as the above, respectively.

[Description of Notations]

1 Pressure Room

3 Diaphragm

5 Nozzle Plate

6 Nozzle Orifice

7 Ink Feed Hopper

8 Pressure Generating Member

28 Switching Circuit for Scan

40 Temperature-Compensation Circuit

41 Thermometric Element

Q1 Transistor for level adjustments

Q2 Switching transistor

Q3 Transistor for constant current

Q4 Switching transistor

Q5 Transistor for constant current

Q6, Q7, Q8, Q9 Transistor for current buffers

Japanese Publication number : 06-008427 A

R1, R2 Resistance for time constant adjustment  
C1 Capacitor for time constant adjustment

---

[Translation done.]

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-8427

(43)公開日 平成6年(1994)1月18日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

B 4 1 J 2/045  
2/055

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

9012-2C

B 4 1 J 3/ 04

1 0 3 A

審査請求 未請求 請求項の数5(全14頁)

(21)出願番号 特願平4-356311

(22)出願日 平成4年(1992)12月21日

(31)優先権主張番号 特願平3-345342

(32)優先日 平3(1991)12月26日

(33)優先権主張国 日本(JP)

(31)優先権主張番号 特願平4-108044

(32)優先日 平4(1992)4月27日

(33)優先権主張国 日本(JP)

(71)出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72)発明者 碓井 稔

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(72)発明者 吉田 昌彦

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(72)発明者 阿部 知明

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(74)代理人 弁理士 木村 勝彦 (外1名)

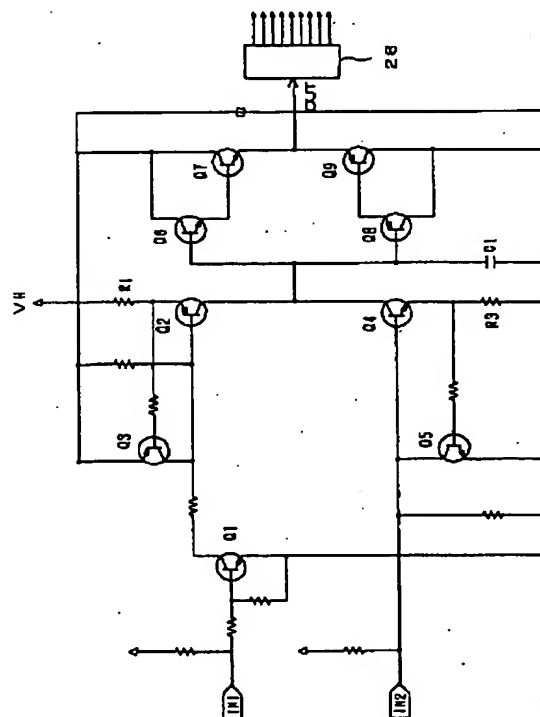
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 インクジェット記録ヘッドの駆動回路

(57)【要約】

【目的】 メニスカスの位置を安定させて印字品質を向上すること。

【構成】 共通のコンデンサC1に第1のスイッチングトランジスタQ2、及び充電時定数調整用抵抗R1を介して電源を接続し、またコンデンサC1に第2のスイッチングトランジスタQ4を介して放電時定数調整用抵抗R3を介してアースに接続し、さらにコンデンサC1の端子を電流バッファを介して圧力発生部材走査用のスイッチング回路28に接続する。第1のスイッチングトランジスタQ2には圧電振動子を収縮させる第1のパルスを、また第2のスイッチングトランジスタQ4には圧電振動子を伸長させる第2のパルスを印加して、コンデンサC1と抵抗R1により設定された速度で圧力発生部材を縮小させて圧力室にインクを吸引する。次いでコンデンサC1と抵抗R3により設定された速度で圧力発生部材を伸長させてインク滴を発生させる。





(2)

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 共通のコンデンサに第1のスイッチング素子、及び充電時定数調整用抵抗を介して電源を接続し、また前記コンデンサを第2のスイッチング素子及び放電時定数調整用抵抗を介してアースに接続し、前記コンデンサの端子電圧を電流バッファを介して出力するとともに、第1のスイッチング素子には圧電振動子を収縮させる第1のパルスが、また第2のスイッチング素子には前記圧電振動子を伸長させる第2のパルスが印加されるインクジェット記録ヘッドの駆動回路。

【請求項2】 第1のパルスは、前記圧電振動子に印加する電圧値を規定する時間が設定されている請求項1のインクジェット記録ヘッドの駆動回路。

【請求項3】 第1のパルスは、外部温度によりパルス幅を変更する温度補正手段を介して第1のスイッチング素子に出力させる請求項1のインクジェット記録ヘッドの駆動回路。

【請求項4】 前記充電時定数調整用抵抗は、ノズル開口のメニスカスを後退させないように圧力室を膨張させる抵抗値に選択されている請求項1乃至3のインクジェット記録ヘッド駆動回路。

【請求項5】 前記放電時定数調整用抵抗は、放電時定数が圧電振動子の自由振動の周期に実質的に同一となる抵抗値が選択されている請求項1乃至4のインクジェット記録ヘッドの駆動回路。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、圧力室を形成している振動板を棒状の圧電振動子により変位させ、この変位により圧力室を圧縮させてノズル開口からインク滴を噴射させるインクジェット記録ヘッドの駆動回路に関する。

## 【0002】

【従来の技術】記録装置に用いられるインクジェット記録ヘッドは、例えば特公平2-24218号公報に示されるように圧力室を形成する弾性板に円板状の圧電振動板を固定したものが広く知られている。この形式のインクジェット記録ヘッドは、圧電振動子の変位が小さいため、圧力室の実効面積を大きく取らざるを得ず、したがって比較的大きな面積を確保することができる、ノズル開口から離れた箇所に圧力室を配置し、ノズル開口との間を流路で接続するという構造が採用されている。この結果、記録ヘッドの全体の大型化を招くばかりでなく、各インク流路の流体抵抗を均一にするために複雑な調整作業が必要になるという問題がある。

【0003】このような問題を解消するべく、例えば米国特許第4,697,193号明細書に示されたように、圧電振動子を棒状に形成するとともに、これを圧力室を構成している振動板に当接させ、縦振動により圧力室を拡張、収縮させてインク滴を発生させるインクジェット記録ヘッドが提案されている。

2

【0004】このような縦振動を利用したインクジェット記録ヘッドは、ドット形成直前に圧電振動子に駆動電圧を印加して圧電振動子を収縮させ、次いで圧電振動子の電荷を放電させて圧電振動子を伸長させることにより圧力室を収縮させてインク滴を発生させるという、いわゆる引き打ち方式による駆動方式が採用されている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】このような引き打ちによる駆動方式を用いると、圧電振動子や振動板に予め蓄積された弾性エネルギーの利用が可能となるばかりでなく、圧力室へのインクの確実な引き込みを図ることができるという利点がある反面、印字速度を高めるべく圧電振動子の動作周波数を高めると、インク滴の形成時におけるノズル近傍のメニスカスの位置にばらつきが生じてインク滴のサイズやインク滴の飛翔速度が変動して印刷品質が悪化するという不都合がある。

【0006】このような問題を回避するため、圧電振動子を縮小させた後、メニスカスが元の位置に復帰して静止するまで一定時間、圧電振動子を収縮状態に保持し、その後圧電振動子の電荷を放電させて圧電振動子を伸長させるという駆動方法も提案されているが、メニスカスが復帰するまでの待ち時間を必要として印刷速度に制限を受けると問題がある。

【0007】また、インクジェット記録ヘッドは、ワイヤドット方式や熱転写方式などの他の記録方式に比べて温度に対する印刷特性が変化しやすいので、温度補償回路を組み込んで温度センサーからの信号により駆動電圧を調整することが行われているが、このために印刷機構を駆動するパルスモータ等の電源回路とは別に、ヘッドを駆動するための専用の電源回路が必要となり、印刷装置の構造が複雑化するという問題があった。

【0008】さらには、縦振動モードの圧電振動子は、その断面積が小さいため、配列密度を容易に高めることが可能な反面、圧電振動子が近接するために相互間での干渉が発生して印刷品質を低下させるという問題がある。本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであって、これらの問題をいっきに解決することを目的としてなされたものであって、インク滴発生時における電源電圧に依存することなく、圧電振動子を駆動するための信号の大きさを任意に設定でき、しかも圧電振動子の縮小速度と、伸長速度とをそれぞれ独立に設定することができる新規な駆動回路を提供することである。

## 【0009】

【課題を解決するための手段】このような問題を解消するために本発明においては、共通のコンデンサに第1のスイッチング素子、及び充電時定数調整用抵抗を介して電源を接続し、また前記コンデンサを第2のスイッチング素子及び放電時定数調整用抵抗を介してアースに接続し、前記コンデンサの端子電圧を電流バッファを介して出力するとともに、第1のスイッチング素子には圧電振

50

(3)

3

動子を収縮させる第1のパルスが、また第2のスイッチング素子には前記圧電振動子を伸長させる第2のパルスが印加されるように構成した。

【0010】

【作用】第1のパルスのパルス幅を外部環境により調整し、また充電時定数調整用抵抗をメニスカスに移動を来さない時定数に設定して、メニスカスの位置を安定させて玉状のインク滴を発生させ、また放電時定数調整用抵抗を圧力発生部材の自由振動周期に合わせて設定してインク滴発生後における圧電振動子や圧力室の残留振動の振幅、及び継続時間を可及的に短くする。

【0011】

【実施例】そこで以下に本発明の詳細を図示した実施例に基づいて説明する。図2は本発明のヘッド駆動回路により駆動されるインクジェット記録ヘッドの一実施例を示すもので、図中符号1は、圧力室で、フィルム2が表面に設けられた振動板3と、これと一定の間隙をもって設けられたノズル形成基板4と、これに貼着されたノズルプレート5とにより形成され、図示しない共通のインク室にインク供給口7を介して連通している。振動板3の裏面側には、他端が基板9を介して基台10に固定された圧力発生部材8の先端がノズル開口6に対向するように当接されている。このような構成によればインク供給口7から圧力室1流れ込んだインクは、振動板3を介して圧力発生部材8により加圧され、インク滴Pとしてノズル開口6から吐出する。

【0012】図3は前述の圧力発生部材8の一実施例を示すものであって、圧電振動子層11と負極内部電極12と正極内部電極13を交互に積層し、負極内部電極12同士を負極外部電極14により並列接続し、また正極内部電極13同士を正極外部電極15に並列接続して構成され、これらをノズル開口6、6、6……の配列ピッチに合わせて複数を、基板9に固定するとともに、基板9と接合される領域には、少なくとも一方の極の電極、この実施例では正極内部電極13を設けない領域を設けて不活性部16を構成する一方、負極内部電極12と正極内部電極13との両者が存在する領域を活性部17として基板9から所定長さ、片持ち梁状に張り出させて自由振動可能なユニットとして構成されている。

【0013】このような構造を採ることにより、負極外部電極14と正極外部電極15とに30ボルト程度の電圧を印加すると、各圧電振動子層11に電界が生じ、基板9に支持されて不活性部16を変形させることなく、活性部17だけを矢印Aにより示したように軸方向に伸縮させることが可能となる。

【0014】なお、この実施例においてはそれぞれ圧力発生部材8、8、8……を独立して基板9に固定しているが、図4に示したように負極内部電極21、正極内部電極22、及び圧電層23をサンドイッチ状に重ねた1枚の基板24を、活性領域25となる部分にだけスリッ

4

ト26、26、26……を入れて圧電振動子体27、27、27……に切分ける一方、不活性領域29を介して繋がるように櫛型に構成しても同様の作用を奏するばかりでなく、前述の固定用の基板9（図3）を省くことができる。

【0015】図1は、本発明の駆動回路の一実施例を示すものであって図中符号IN1は、印刷タイミング信号入力端子、IN2は印刷信号入力端子で、図6に示したように、印刷タイミングに合わせてパルス状の信号がそれぞれ印加される。符号Q1は、入力端子IN1にベース電極が接続されたレベル調整用トランジスタで、これのコレクタ電極には第1のスイッチングトランジスタQ2のベース電極が接続されている。第1のスイッチングトランジスタQ2は、そのエミッタ電極を時定数調整用抵抗R1を介して端子VHを介して電源に接続され、またコレクタ電極が時定数調整用コンデンサC1を介して接地されている。Q3は、定電流トランジスタで、エミッタ電極が電源端子VHに、またコレクタ電極がレベル調整用トランジスタQ1のコレクタ電極に接続され、さらにベース電極が時定数調整用抵抗R1を介して電源端子VHに接続されている。

【0016】一方、入力端子IN2には第2のスイッチングトランジスタQ4のベース電極が接続され、コレクタ電極が時定数調整用コンデンサC1に、さらにエミッタ電極が第2の時定数調整用抵抗R3を介して接地されている。符号Q5は、定電流用トランジスタで、コレクタ電極が入力端子IN2に、またエミッタ電極が接地され、さらにベース電極が第2の時定数調整用抵抗R3を介して接地されている。

【0017】Q6、Q7、Q8、Q9は、それぞれコンデンサC1の充電時、及び放電時の電流を増幅する電流バッファを構成するトランジスタで、この実施例ではトランジスタQ6、Q7、及びQ8、Q9をダーリントン接続して構成され、駆動すべきインクジェット記録ヘッドのすべての圧力発生部材8、8、8……の同時駆動が可能な電流容量を備えている。

【0018】28は、スイッチング回路で、電流バッファの出力端子OUTとインクジェット記録ヘッドを構成している各圧力発生部材8、8、8……に接続され、印刷信号によりオンオフして電流バッファを構成するトランジスタQ6、Q7、Q8、Q9からの電流を、インク滴を発生させるべき圧力発生部材8、8、8……に選択的に供給できるように構成されている。このスイッチング回路28は、スイッチング素子だけ構成、つまり電流調整手段を必要とすることなく構成できるため、軽量かつ小型となり、したがって駆動電圧発生回路から切り離してフレキシブルケーブルを介して接続することにより記録ヘッドのキャリッジに搭載することが可能となる。

【0019】また、時定数調整用抵抗R1、R2を、図5に示したように端子30、30……を備えた基板31

50

(4)

5

に固定するとともにリード線を端子30、30……に接続して一体にモールドしてユニット化すれば、抵抗値の異なるユニットを複数種類用意しておくことにより、必要なユニットを差し替えるだけで、インクジェット記録ヘッドのインク吐出特性に最適な時定数を設定でき、作業の簡素化をはかることができる。

【0020】次の上述の駆動回路の動作を図6に示した波形図に基づいて説明する。ホストから1つのドットを形成するための印字タイミング信号(I)が入力すると、これに同期してパルス幅Tcの印刷予備信号(II)が発生する。このパルス幅Tcは、充電時間に相当して定められている。そしてこの信号が入力端子IN1に入力すると、レベル調整用トランジスタQ1がオンとなるから、第1のスイッチングトランジスタQ2もオンとなる。これにより、電圧VHの電源電圧が時定数調整用抵抗R1を介してコンデンサC1に印加され、抵抗R1とコンデンサC1により決まる時定数をもってコンデンサC1が充電される。

【0021】ところで、時定数調整用抵抗R1は、その両端に定電流用トランジスタQ3が接続されていて、その端子電圧がトランジスタQ3のベース電極—エミッタ電極間電位にほぼ等しい値に維持されるから、コンデンサC1に流れ込む電流は時間的に変動せず一定値となる。この結果、コンデンサC1の端子電圧(V)の立ち上がり勾配 $\tau_1$ は、抵抗R1の抵抗値 $R_1$ とコンデンサC1の容量 $C_1$ と定電流用トランジスタQ3のベース電極—エミッタ電極間電圧を $V_{BE1}$ とすると、

$$\tau_1 = V_{BE1} / (R_1 \times C_1)$$

となる。

【0022】このようにして印刷予備信号のパルス幅Tcに相当する時間が経過すると、コンデンサC1の端子電圧が電圧V0まで上昇する。そしてこの時点で印刷予備信号がLレベルに切り替わるからレベルシフト用トランジスタQ1がオフとなって第1のスイッチングトランジスタQ2がオフとなる。この結果、コンデンサC1は、電圧 $\tau \times Tc = V0$ を維持することになる。

【0023】印刷予備信号がオフとなってから所定時間Teが経過した時点、つまりスイッチングトランジスタQ2とスイッチングトランジスタQ4とが短絡しない程度の時間的余裕が経過した時点で、端子IN2に印刷信号(IV)が入力する。この印刷信号は、コンデンサC1の電荷をほぼ零電位にまで放電させることができるパルス幅Tdを有して第2のスイッチングトランジスタQ4をオンとする。この結果、コンデンサC1に蓄積された電荷を時定数調整用抵抗R3を介して放電する。同時に定電流用トランジスタQ5がオンとなるので、前述した第1の定電流用トランジスタQ3の作用と同様の作用により第2の時定数調整用抵抗R3の端子電圧がトランジスタQ5のベース電極—エミッタ電極間電圧 $V_{BE2}$ となる。これにより、コンデンサC1の端子電圧

6

(V)は、一定の勾配で直線的に低下する。

【0024】すなわち、立ち下がり勾配 $\tau_2$ は、第2の時定数調整用抵抗R3の値 $R_2$ とコンデンサC1の容量 $C_1$ と定電流用トランジスタQ5のベース電極—エミッタ電極間の電圧を $V_{BE2}$ とすると、

$$\tau_2 = -V_{BE2} / (R_2 \times C_1)$$

となる。

【0025】時間Tdが経過して印刷信号がオフになると、第2のスイッチングトランジスタQ4がオフとなり、コンデンサC1の端子電圧の変化が停止する。なお、印刷信号のパルス幅Tdは、コンデンサC1と抵抗R2とにより決まる放電時定数に比較して十分に大きく設定されているので、コンデンサC1に電荷が残留するようなことにはならない。

【0026】このように時定数調整用抵抗R1、R3、及びコンデンサC1により所定の立ち上がり速度、及び立ち下がり速度で変化する電圧は、電流バッファを構成するトランジスタQ6、Q7、及びQ8、Q9により増幅され、スイッチング回路28を介してインクジェット記録ヘッドを構成している各圧電振動子8、8、8……

(図2)に印加される。これにより、共通の駆動電圧発生回路からの電圧信号を印刷信号に合わせてスイッチング回路28のスイッチング素子をオンオフすることにより、同一の電圧波形を複数の圧力発生部材8、8、8……に選択的に印加することができる。なお、これら印刷予備信号のパルス幅Tc、及び印刷信号のパルス幅Tdは、対象となるインクジェット記録ヘッドの構造や、インクの粘度に左右されるものの、それぞれ大略中心値が120マイクロ秒、及び6マイクロ秒程度とし、必要に応じて10パーセントの範囲で調整するようになっている。

【0027】ところで、同一ヘッドを構成している各圧電振動子は、同一ロットにから製作されるためノズル間のインク吐出特性が揃うものの、記録ヘッド間では圧力室の誤差などによりインク吐出特性に差異が生じる場合が往々にしてある。このようなヘッド間でのインク吐出特性の補正には、通常インクジェット記録ヘッドを駆動する電圧の波形を調整することにより行われている。上述した駆動回路によれば時定数調整用抵抗R1により立ち上がり特性、つまり圧力室1の膨張速度を、また時定数調整用抵抗R3により立ち下がり特性、つまり圧力室1の縮小速度をそれぞれ独立させて簡単に調整することができる。また、コンデンサC1の最終到達電圧は、充電時間に依存するので、印刷予備信号のパルス幅Tcを変更することにより調整することができる。

【0028】このことは、従来の駆動回路のように一定電圧に維持された電源回路を必要とすることなく、例えば比較的電圧変動が大きなパルスモータ駆動用の直流電源からの電力を用いても、印刷予備信号のパルス幅Tcを電源電圧に応じて自動制御することにより一定にする

(5)

7

ことが可能となるから、インクジェット記録ヘッド駆動用の電源と、パルスモータ等の駆動用電源とを共通化が可能となつて、印刷装置の小型化と、コストの引き下げを図ることができる。

【0029】さらには、駆動回路で発生した所定波形の電圧を、スイッチング回路28を介してインクジェット記録ヘッドを構成している各圧力振動子に選択的に供給するから、ドライブ手段をスイッチング手段だけから構成できて、構造の簡素化と軽量化を図ることができ、この結果、駆動回路は静止系に、またドライブ手段をキャリアリッジに搭載した場合には、これらを接続するフレキシブルケーブルに形成すべき大半のリードパターンを走査信号を伝送できる程度の電流容量の小さなものにして接続ケーブルの小型化を図ることができる。

【0030】ところで、印刷予備信号の印加により圧力発生部材8、8、8……が縮小した場合には、圧力室1が拡大するため、インク供給口7から圧力室1へのインク供給が行われる。そしてこの圧力室1の拡大はノズル開口6の近傍に形成されているメニスカスを後退させる作用力ともなる。

【0031】また圧力室1へのインク供給が終了すると、圧力発生部材8、8、8……を伸長させて圧力室1を縮小させてノズル開口6、6、6……からインク滴を噴射させることになるが、圧力室の縮小時におけるメニスカスの位置とインク滴の形状との間には極めて大きな相関関係があるため、何時の時点で圧力室を縮小させるかが印刷品質を左右することになる。

【0032】すなわち、図7(イ)に示したようにメニスカスMが、停止時と同様にノズル開口6の近傍に位置している状態で、圧力室1を収縮させると、飛び出すインク滴Pは玉状となる(同図ロ)。一方、メニスカスMがノズル開口6よりも後退した状態(同図ハ)で圧力室1を収縮させると、インク滴Pは、飛翔方向に延びて柱状となる(同図ハ)。このようにして発生したインク滴が記録媒体に到達すると、玉状インク滴の場合にはほぼ円形のドットが形成されるが、柱状の場合には円形とはならず円形からずれた形となり、印字品質を低下させることになる。

【0033】圧力室1の膨張時にメニスカスMがノズル開口6から後退、つまり圧力発生部材8側に移動するのは、ノズル開口6とこの近傍のインクとの表面張力よりも、インク供給口7(図1)の圧力損失が大きくなることに原因があるから、インク供給口での圧力損失がノズル開口近傍のインクの表面張力よりも小さく維持できる速度でインクを圧力室1に引き込む必要がある。

【0034】そして、ノズル開口近傍における表面張力は、ノズル開口6のサイズや、インクの粘度等に左右されるが、典型的な例について説明すると、図8に示したように大略ノズル開口のサイズと圧電振動子の縮小時間、つまり印刷予備信号の立ち上がり時間との正比例直

8

線Lよりも、遅い速度でインク室を膨張させれば、玉状のインク滴を発生させることができる。もとより、立ち上がり時間を不必要に大きくすると、印刷速度が低下するので、自ずと上限が定まる。

【0035】上述したように本発明のヘッド駆動回路においては、時定数調整用抵抗R1により立ち上がり時間を任意に設定することができるので、インクジェット記録ヘッドの特性、つまりノズル開口やインクの粘度に対応して時定数調整用抵抗R1の抵抗値R<sub>1</sub>を選択することにより、種々な仕様のインクジェット記録ヘッドに使用することができる。一方、圧力室1へのインクの供給が終了した時点で、インク滴を形成するために圧力室1を収縮させるべく圧力発生部材8を縮小させると、圧力発生部材8に縦振動モードの圧電振動子を使用している場合には、圧力発生部材8の剛性が大きいと、ほぼこれの共振周波数に一致した比較的長い残留時間で、かつ振幅の大きな残留振動を生じる。

【0036】つまり、図9(I)に示したように、圧力発生部材8に電圧V0を印加しておき、これを放電時間Tdを変えて放電させると、その放電時間Tdに対応して圧力発生部材8の残留振動の形態が変化する。すなわち電圧が印加されていない状態における先端位置D0を中心として固有振動周期Tfの自由振動が発生し、この振幅値、及びその継続時間が図中(A)(B)に示したように放電時間に依存して大きく異なる。一方、圧力室1内のインクは圧力室自体の振動に同期してやはり振動するが、圧力室1の自由振動周期は、図9(III)に符号Eにより示したように圧力発生部材8のそれに比較して長い。このため、ノズル開口近傍のメニスカスは、インク独自の振動Eに圧力発生部材8の振動が重畳して同図符号Fにより示したような運動となる。すなわち、圧力発生部材8自体の残留振動の振幅は、小さいとしてもインク自体の振動に加算されると、圧力発生部材8の自由振動周期程度の時間レベルではメニスカスの振動振幅が無視できない。このような圧力発生部材8の自由振動周期程度の高速度なメニスカスの振動は、ミスト状のインク滴を発生させるから、ノズル開口近傍の濡れ性の変化を招く。そしてノズル開口近傍の濡れ性はインク滴の飛翔速度や形状左右するから、結果として印刷品質の変動を招くことになる。

【0037】この圧力発生部材8の残留振動の振幅と放電時間Tdとの関係は、図10に示したように圧電振動子の自由振動の周期に一致する放電時間Dtのときに最小値をもつことが経験的に知られている。

【0038】そして、残留振動の振幅が小さくなると、それだけインク滴発生後におけるメニスカスが短い時間で静定するばかりでなく、上述した濡れ性を一定に維持することができるから、繰り返し駆動周波数を高め、かつ印刷品質を一定に維持することができる。

【0039】図10からも明らかなように最大振幅、最

9

大速度は放電時間が固有周期  $d t$  よりも小さい側で大きくなるため、安全を見込んで放電時間を固有振動周期よりも長目に設定するとよい。すなわち本実施例における圧力発生部材 8 の自由振動周期  $d t$  は  $6.5 \mu s$  となっている場合には、放電時間は  $d t - x 1 = 6.5 - 0.2 = 6.3 \mu s$  から  $d t + x 2 = 6.5 + 0.4 = 6.9 \mu s$  の間に設定することになる。

【0040】さらに、インクジェット記録ヘッドには複数の圧力発生部材 8<sub>1</sub>、8<sub>2</sub>、8<sub>3</sub>、8<sub>4</sub> が極めて狭い間隔をおいて配置されているため、1つの圧力発生部材 8<sub>2</sub> の活性領域で発生した疎密波は、不活性領域を伝搬し、図 11 に示したようにさらに基板 9 を伝搬して隣接する他の圧力発生部材 8<sub>1</sub>、8<sub>3</sub> が共振する。この現象は、記録密度を高める程顕著に現れる。上述したように本発明のインクジェット記録ヘッドでは駆動電圧の放電時間を固有周期  $d t$  に一致させることにより、圧力発生部材 8 の自由振動は、図中 (A) で示したようにその振幅変動が最小になるから、基板 9 を伝搬する疎密波の振幅変動も (B) で示すように小さくなり、したがって隣接する圧力発生部材 8<sub>1</sub>、8<sub>3</sub> の共振振幅も図中 (C) (D) のように抑えられることになり、共振変位によって不用なインク滴を吐出する誤動作を防ぐことができる。また、複数の圧力発生部材 8 を同時に駆動しても疎密波同士の相互の共振がないため、圧力発生部材 8 の駆動本数によらず変位量、速度が安定する。これによって、どのような印字パターンでもばらつきのない高品位な印字品質を得ることができる。

【0041】図 13 は、上述の電圧調整機能を積極的に利用して外部環境、特に温度変化に対応できるようにした本発明の第 2 実施例を示すもので、図中符号 40 は、パルス幅変更回路からなる温度補償回路で、印刷準備信号入力端子 IN1 とレベル調整用トランジスタ Q<sub>1</sub> との間に接続され、記録ヘッドの温度を検出するサーミスタ等の温度検出器 41 から温度信号が入力し、温度信号に対応して印刷準備信号のパルス幅  $T_c$  を変更するように構成されている。すなわち、インクジェット記録ヘッドに使用されているインクは、その粘度が温度の関数となっているので、インクの粘度変化による飛翔速度の低下を補償するように駆動電圧のレベルを調整して、最大振幅を変更するように構成されている。このようなパルス幅変更回路は、モノマルチバイブレータの発振定数設定用抵抗を上記温度検出器 41 を構成するサーミスタ等の感温抵抗に置き換えることによりアナログ回路として実現でき、また温度信号をアナログーデジタル変換してデジタル信号とし、この信号で単位パルスの出力個数を制御することによりデジタル回路としても簡単に実現することができる。

【0042】次にこのように構成した回路の動作を図 14 に示した波形図に基づいて説明する。インクジェット記録ヘッドの温度が設計基準値  $t_1$  に保たれている場合

(6)

10

には、端子 IN1 に印刷準備信号 (I I) が入力すると、温度補償回路 40 は、印刷準備信号のパルス幅  $T_c$  を変更することなく第 1 のスイッチングトランジスタ Q<sub>1</sub> に出力する。これによりコンデンサ C<sub>1</sub> は、時定数調整用抵抗 R<sub>1</sub> の抵抗値とコンデンサ C<sub>1</sub> により決まる立ち上り時間で、温度  $t_1$  に対応した駆動電圧  $V_1$  まで充電される。この充電過程の電圧はスイッチング回路 28 を介して記録ヘッドの圧力発生部材 8 に選択的に印加されるから、圧力室 1 が時定数調整用抵抗 R<sub>1</sub> とコンデンサ C<sub>1</sub> とで決まる立ち上り速度で伸長し、また最終充電電圧  $V_1$  により決まる容積まで拡張される。

【0043】次いで印刷信号 (I V) が入力すると、第 2 のスイッチングトランジスタ Q<sub>4</sub> がオンとなってコンデンサ C<sub>1</sub> が、時定数調整用抵抗 R<sub>3</sub> とで決まる立ち下がり速度でもって放電して圧力室を収縮させる。これによりノズル開口からインク滴が発生することになる。もとより、圧力発生部材 8 の伸長時における速度は、コンデンサ C<sub>1</sub> と時定数調整用抵抗 R<sub>3</sub> とにより圧力部材 8 の自由振動周期に設定されているから、前述したように圧力室 1 の残留振動は可及的に小さな値となる。

【0044】この状態からインクジェット記録ヘッドの温度が設計基準温度  $t_1$  から温度  $t_2$  に低下してインク粘度が増大する等のようにインク滴飛翔速度を低下させる状況となった場合には、温度補償回路 40 は、温度検出回路 41 からの温度信号に基づいて入力端子 IN1 に入力した印刷準備信号のパルス幅  $T_{C1}$  から  $T_{C2}$  に伸長させてスイッチングトランジスタ Q<sub>2</sub> に出力する。これによりコンデンサ C<sub>1</sub> は、基準電圧  $V_1$  よりも高い電圧  $V_2$  にまで充電されることになる。いうまでもなく、充電過程における電圧変化の速度はコンデンサ C<sub>1</sub> と時定数調整用抵抗 R<sub>1</sub> とにより決まる所定値に保たれているから、ノズル開口 6 のメニスカスは元の位置から移動することはない。

【0045】所定時間が経過して印刷信号が出力してスイッチングトランジスタ Q<sub>4</sub> がオンとなり、コンデンサ C<sub>1</sub> が放電すると、時定数調整用抵抗 R<sub>3</sub> とコンデンサ C<sub>1</sub> により決まる所定の立ち下がり時間でもって電圧  $V_2$  が低下し、この立ち下がり速度で圧力室が縮小する。今の場合、圧力室 1 が設計基準温度の場合よりも大き目に拡大されていたから、圧力室には大きな圧力が発生し、粘度上昇にともなう流体抵抗に抗して設計基準通りの速度でインク滴が飛翔することになる。

【0046】またインクジェット記録ヘッドの温度が温度  $t_3$  に上昇すると、温度補償回路 40 は、この温度に対応したパルス幅  $T_{C3}$  を出力して圧力発生部材を電圧  $V_3$  で縮小させる。この結果、温度上昇によるインク粘度の低下分に見合う圧力をインクに加えて、やはり設計基準通りの飛翔速度でインク滴を発生させることになる。このように温度に応じて圧力室 1 の容積、及び縮小率が変わるため、温度に関りなく一定のインク滴を発生させ

(7)

11

ることができる。

【0047】なお、この実施例においては予め基準温度で最適なパルス幅 $T_{c1}$ を備えた印刷予備信号を温度検出手段からの信号により温度に対応するパルス幅に変更するようにしているが、インクジェット記録ヘッドの温度と印刷予備信号のパルス幅との関係を、各温度について予め調査し、このデータを記憶回路に格納しておき、温度検出手段からの信号により記憶回路からパルス幅を呼び出し、このパルス幅を持つ印刷予備信号を印字タイミング信号に合わせて出力するようにしても同様の作用を奏することは明らかである。

【0048】

【発明の効果】以上説明したように本発明においては、共通のコンデンサに第1のスイッチング素子、及び充電時定数調整用抵抗を介して電源を接続し、またコンデンサを第2のスイッチング素子及び放電時定数調整用抵抗を介してアースに接続し、コンデンサの端子電圧を電流バッファを介して出力するとともに、第1のスイッチング素子には圧電振動子を収縮させる第1のパルスが、また第2のスイッチング素子には圧電振動子を伸長させる第2のパルスが印加されるようにしたので、圧力室拡大時における圧力発生部材の縮小速度、及びインク滴発生時における圧力発生部材の縮小速度をそれぞれ、メニスカスに移動を来さない速度、及び残留振動が生じない伸長速度に独立して設定することができ、また第1のパルス幅を変更することにより外部環境や電源電圧の変動に対応してインク滴生成の条件を一定に維持することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例を示す駆動回路のブロック図である。

【図2】本発明が適用される縦振動モードを利用したインクジェット記録ヘッドを示す断面図である。

【図3】上記記録ヘッドを構成する圧電振動子ユニットを拡大して示す斜視図である。

【図4】振動子ユニットの他の実施例を示す斜視図である。

【図5】時定数調整用抵抗の一実施例を示す図である。

【図6】同上回路の動作を示す波形図である。

【図7】同図（イ）乃至同図（ロ）は、それぞれ圧力室

12

収縮時におけるメニスカスの位置とインク滴の形状との関係を示す説明図である。

【図8】ノズル開口のサイズ及び圧電振動子の伸長時の立ち上がり速度と、発生するインク滴の形状との関係を示す線図である。

【図9】図（I）乃至（III）は、それぞれ圧電振動子を伸長させる電圧変化、圧力発生部材の残留振動、及びノズル開口近傍のメニスカスの変位の関係を示す線図である。

【図10】圧電振動子を伸長させる電圧とインク滴発生後の圧力室構成部材の自由振動最大振幅との関係を示す線図である。

【図11】1つの圧力発生部材の振動が他の圧力発生部材に伝搬する様子を示す説明図である。

【図12】印刷駆動された圧力発生部材の振動と、この部材から他の圧力発生部材への伝搬する振動との関係を示す線図である。

【図13】本発明の他の実施例を示す装置のブロック図である。

【図14】図（I）乃至（VI）は、それぞれ同上装置の動作を示す波形図である。

【符号の説明】

1 圧力室

3 振動板

5 ノズルプレート

6 ノズル開口

7 インク供給口

8 圧力発生部材

28 走査用スイッチング回路

40 温度補償回路

41 温度検出器

Q1 レベル調整用トランジスタ

Q2 スwitchングトランジスタ

Q3 定電流用トランジスタ

Q4 スwitchングトランジスタ

Q5 定電流用トランジスタ

Q6、Q7、Q8、Q9 電流バッファ用トランジスタ

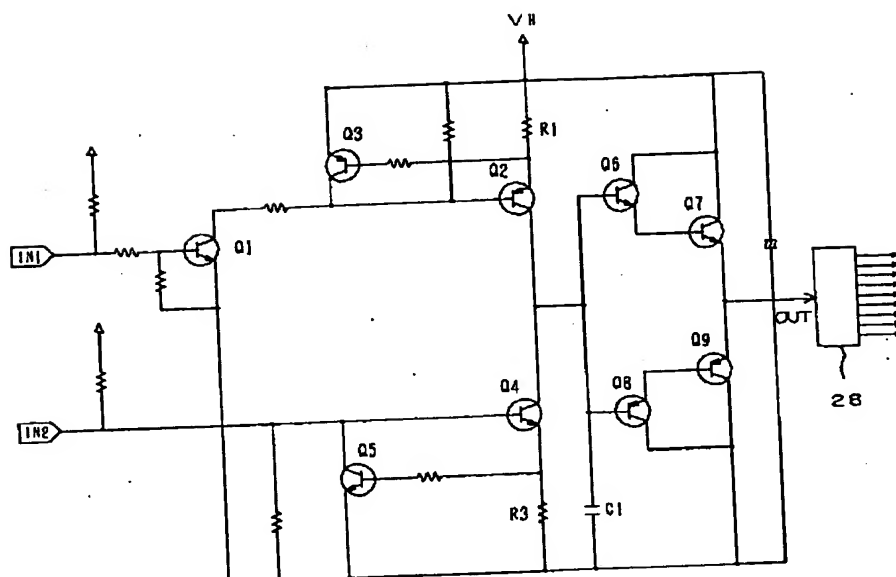
R1、R2 時定数調整用抵抗

C1 時定数調整用コンデンサ

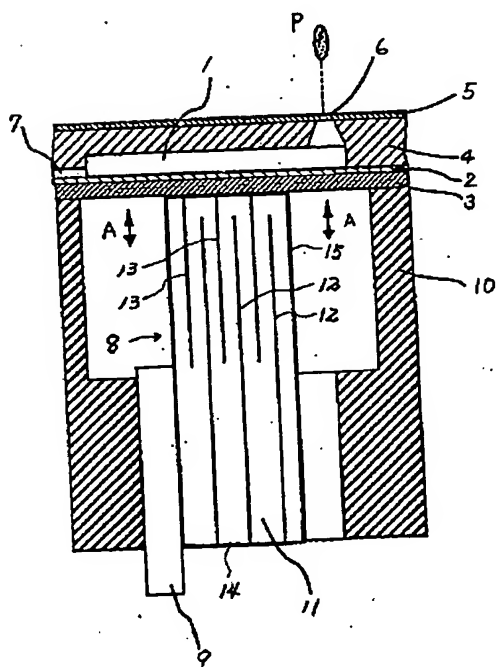


(8)

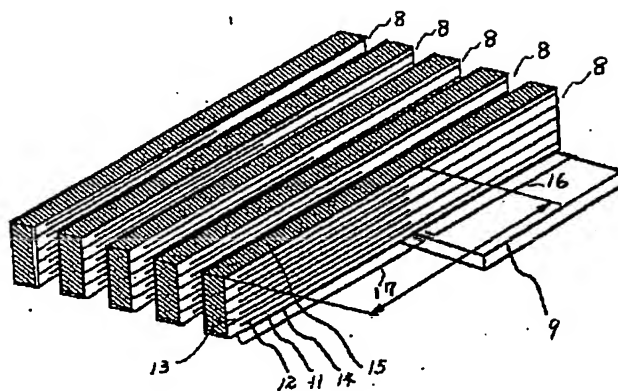
【図1】



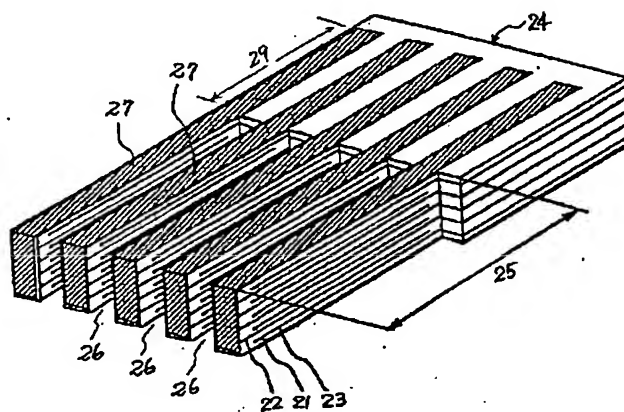
【図2】



【図3】

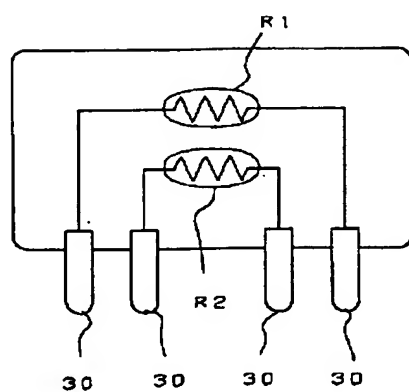


【図4】

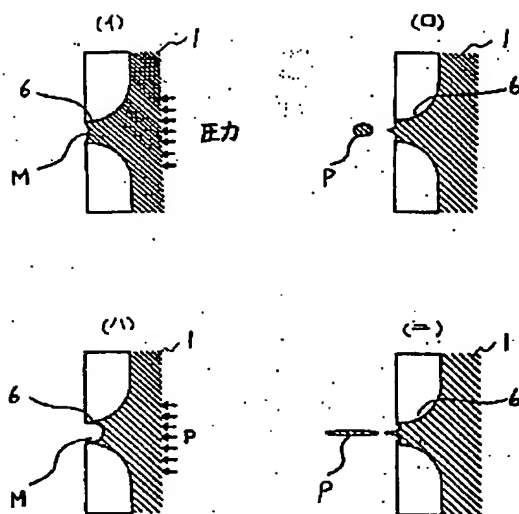


(9)

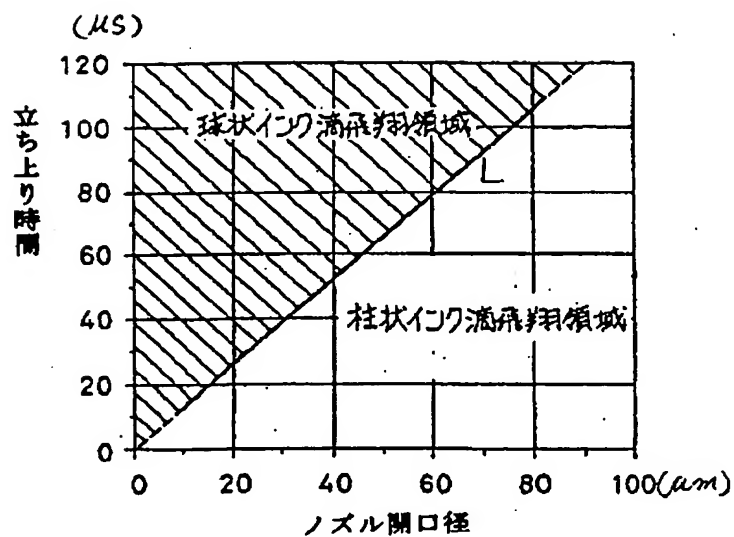
【図5】



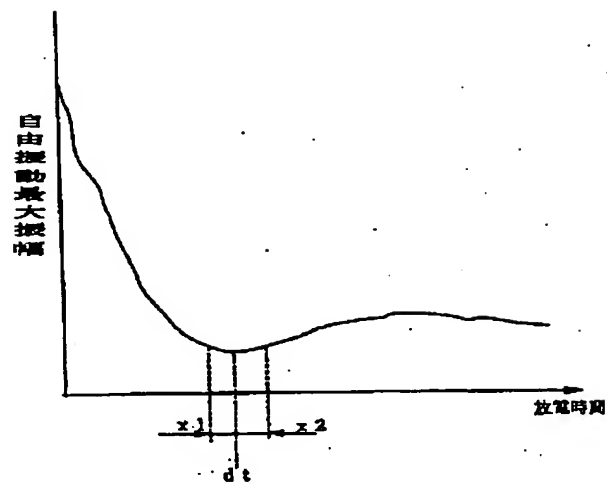
【図7】



【図8】

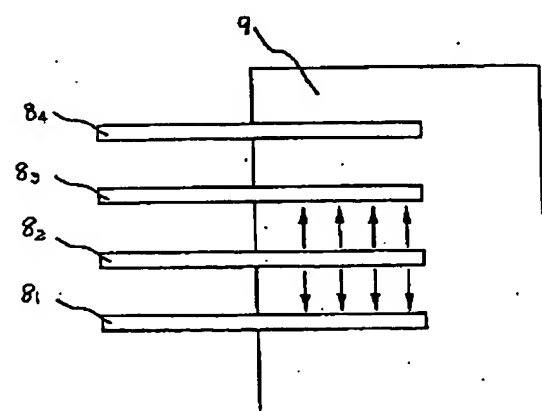
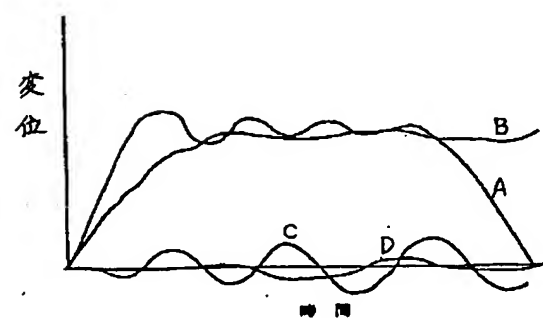


【図10】



【図11】

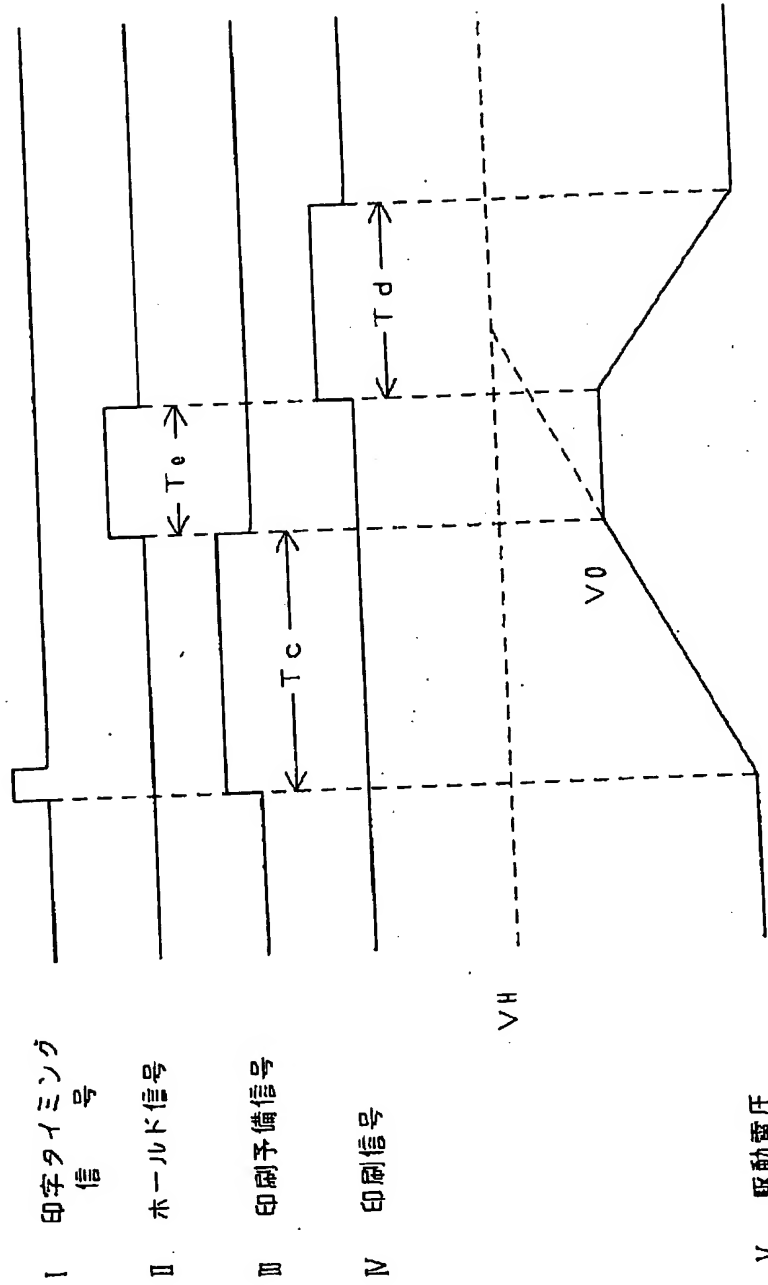
【図12】





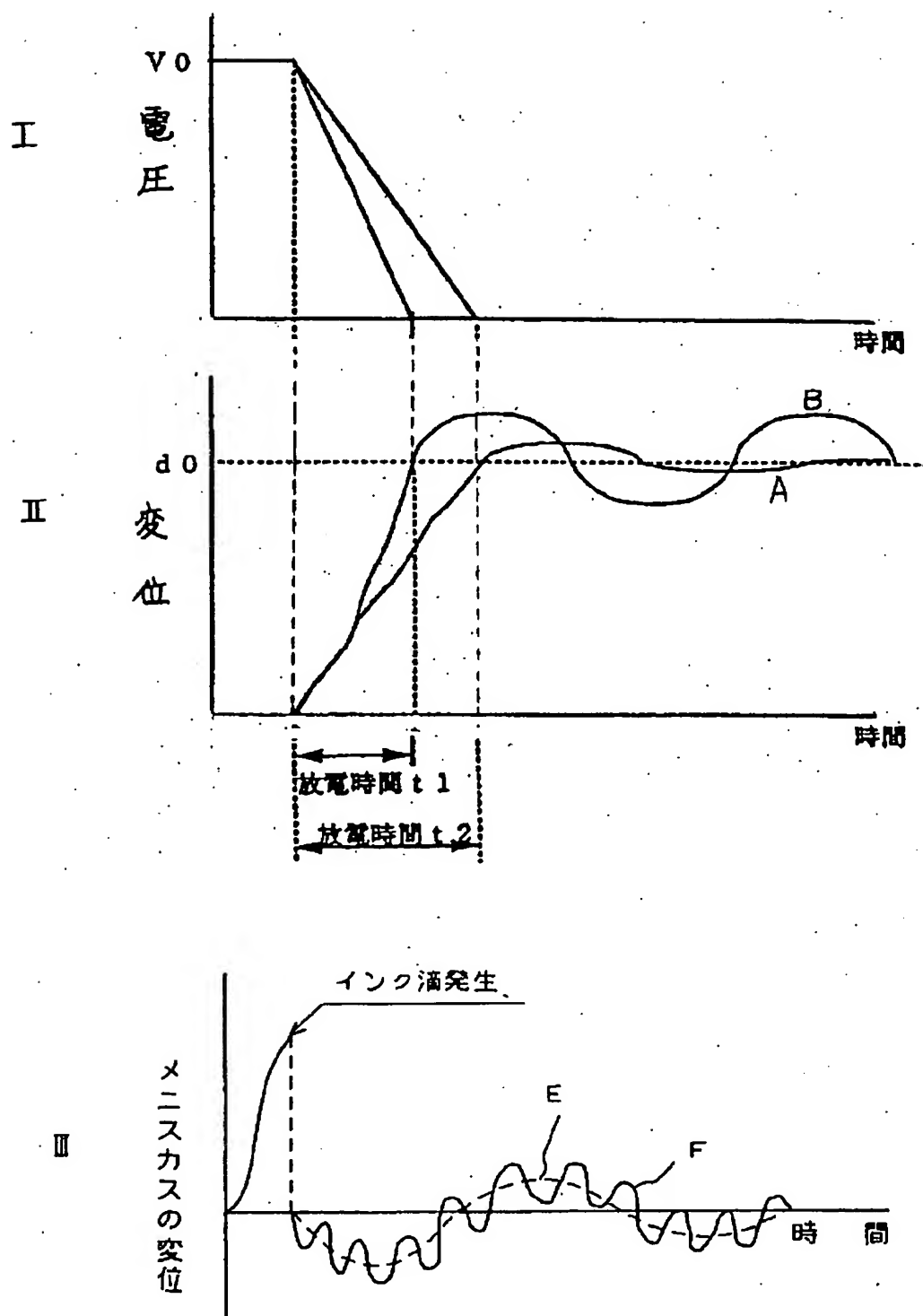
(10)

【図6】



(11)

【図9】

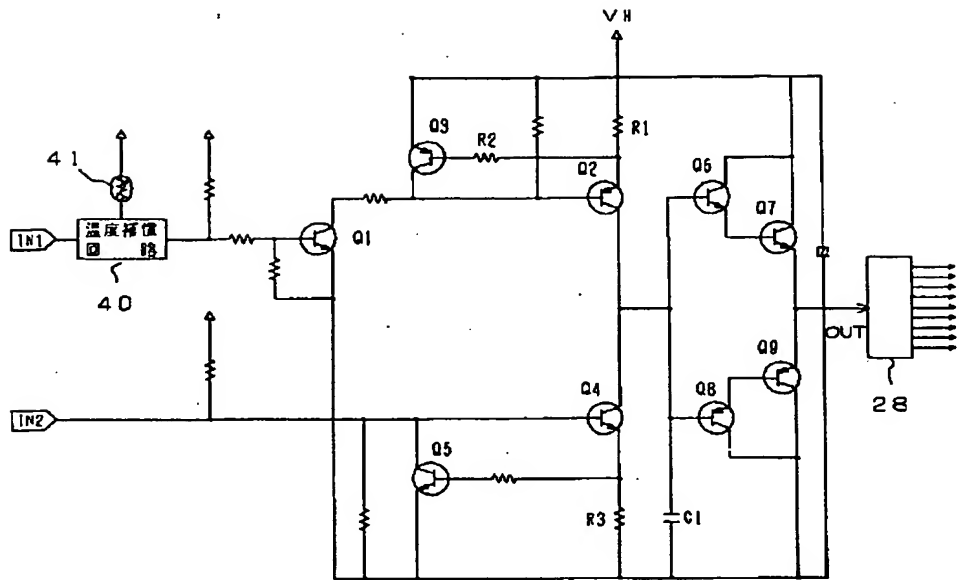






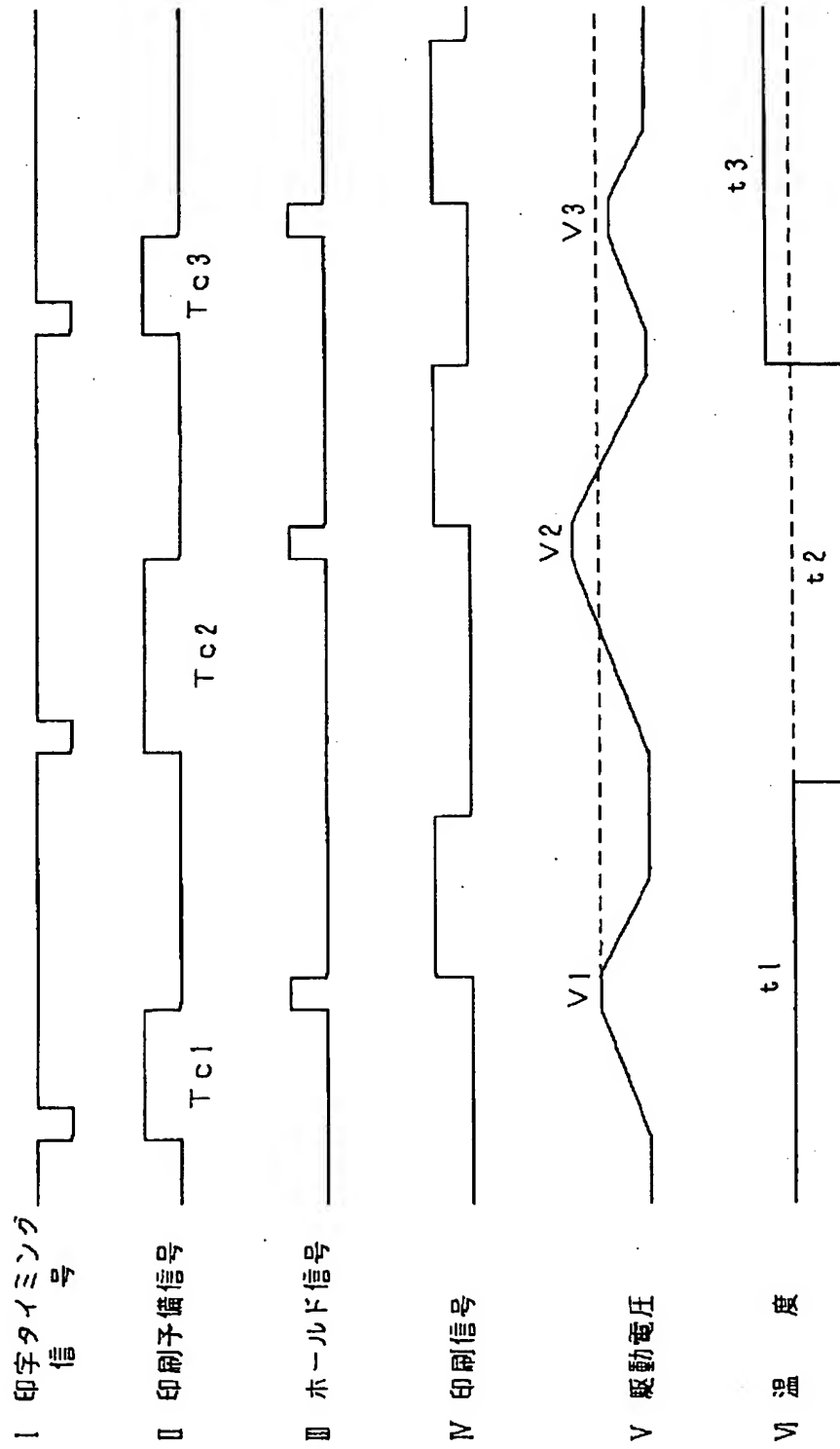
(12)

【図13】



(13)

【図14】



(14)

フロントページの続き

(72)発明者 米窪 周二  
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ  
ーエプソン株式会社内

(72)発明者 細野 聡  
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ  
ーエプソン株式会社内